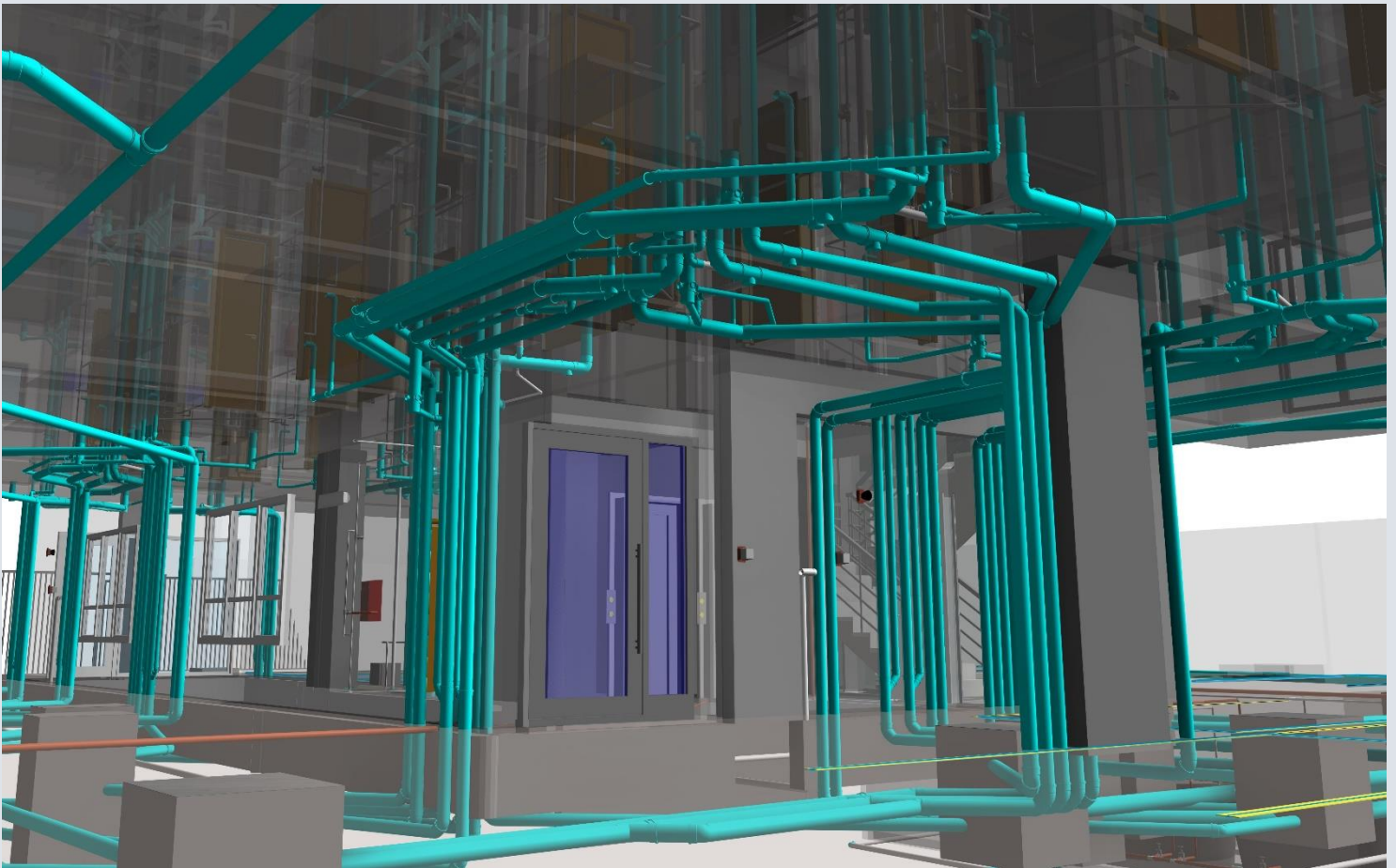


Entendendo BIM



Tiago Francisco Campestrini
Marlon Câmara Garrido
Prof. Dr. Ricardo Mendes Jr.
Prof. Dr. Sérgio Scheer
Prof. Dra. Maria do Carmo Duarte Freitas

Curitiba, Paraná, Brasil

2015

O LIVRO

Autores

Tiago Francisco Campestrini

Marlon Câmara Garrido

Prof. Dr. Ricardo Mendes Jr.

Prof. Dr. Sérgio Scheer

Prof. Dra. Maria do Carmo Duarte Freitas

Editor

Tiago Francisco Campestrini

Parceiros



Universidade Federal do
Paraná



Sindicato da Indústria da
Construção Civil no Paraná



Campestrini Tecnologia



Agência de Inovação da
UFPR



Centro de Estudos de
Engenharia Civil da UFPR



Grupo de Tecnologia da
Informação e Comunicação
na Construção (UFPR)

Direitos Reservados © 2015 Entendendo BIM

1ª Edição Versão 1.0

Curitiba, Paraná, Brasil

contato@entendobim.com.br

www.entendobim.com.br

Grupo de discussão no LinkdIn: [Entendendo BIM](#)

IDEIAS

“Modelagem da Informação da Construção ou BIM deve ser entendida como um novo paradigma de desenvolvimento de empreendimentos de construção envolvendo todas as etapas do seu ciclo de vida, desde os momentos iniciais de definição e concepção, passando pelo detalhamento e planejamento, orçamentação, construção até o uso com a manutenção e mesmo as reformas ou demolição. É um processo baseado em modelos paramétricos da edificação visando a integração de profissionais e sistemas com interoperabilidade de dados e que fomenta o trabalho colaborativo entre as diversas especialidades envolvidas em todo o processo, do início ao fim.”

Prof. Dr. Sérgio Scheer

“Informação de qualidade e antecipada, geradas com dados e cálculos precisos, não deve ser confundida com estimativas.”

Prof. Dr. Ricardo Mendes Jr.

“A Informação com qualidade é aquela que ajuda a empresa a fazer mais com menos.”

Prof. Dra. Maria do Carmo Duarte Freitas

Sumário

Apresentação 4

Contextualização 5

CENÁRIO ATUAL E POTENCIAL PARA RESULTADOS 7

UM NOVO CAMINHO 9

O Projeto de Construção sob o foco da informação 12

O PROJETO DE CONSTRUÇÃO CIVIL 12

A EXECUÇÃO DAS OBRAS 18

Entendendo o BIM 22

COLABORAÇÃO 22

O MODELO 28

NORMATIZAÇÃO 33

CONSIDERAÇÕES DE BIM 34

Ganhos na Construção Civil com BIM 36

A INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 36

O QUANTO SE GANHA? 39

FLUXO DE INFORMAÇÕES NA CONSTRUTORA 39

EXEMPLO DE GANHOS ATUALMENTE COM BIM 43

Bibliografia 47

Próximos Passos 49

Agradecimentos 50

Apresentação

Este livro foi elaborado com base nas práticas do mercado, artigos científicos, experiências dos autores, discussões com profissionais do mercado e em necessidades estabelecidas através de instituições de classe. Seu conteúdo dirige-se ao uso da informação durante processos de desenvolvimento de um empreendimento da construção civil sob o foco do BIM.

Proposta baseada em duas décadas de estudos sobre a gestão e uso de tecnologia da informação e comunicação na Construção Civil, realizados no Centro de Estudos de Engenharia Civil (CESEC), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e do uso do conceito em empresas do setor, por meio do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Paraná (SINDUSCON-Pr).

Temos a ousadia de entregar uma literatura sobre uma tecnologia nova: a Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM). Procuramos trazer praticidade para o entendimento ao mesmo tempo garantindo base necessária para a evolução dos leitores do assunto aqui apresentado.

Essa tecnologia está em fase de implantação no País e ainda espera-se compreender o quanto e como revolucionará a construção civil nacional. Portanto, pretendemos orientar e trazer o leitor a pensar junto sobre os rumos da tecnologia BIM no País.

Gestores, engenheiros e arquitetos atuantes em construtoras de pequeno e médio porte são o nosso principal alvo.

Esta tecnologia evolui a cada novo artigo e a cada nova aplicação no mercado, e por isso, que esta leitura seja apenas uma ferramenta no seu desenvolvimento.

Tiago Francisco da Silva, conhecido como Tiago Campestrini

Contextualização

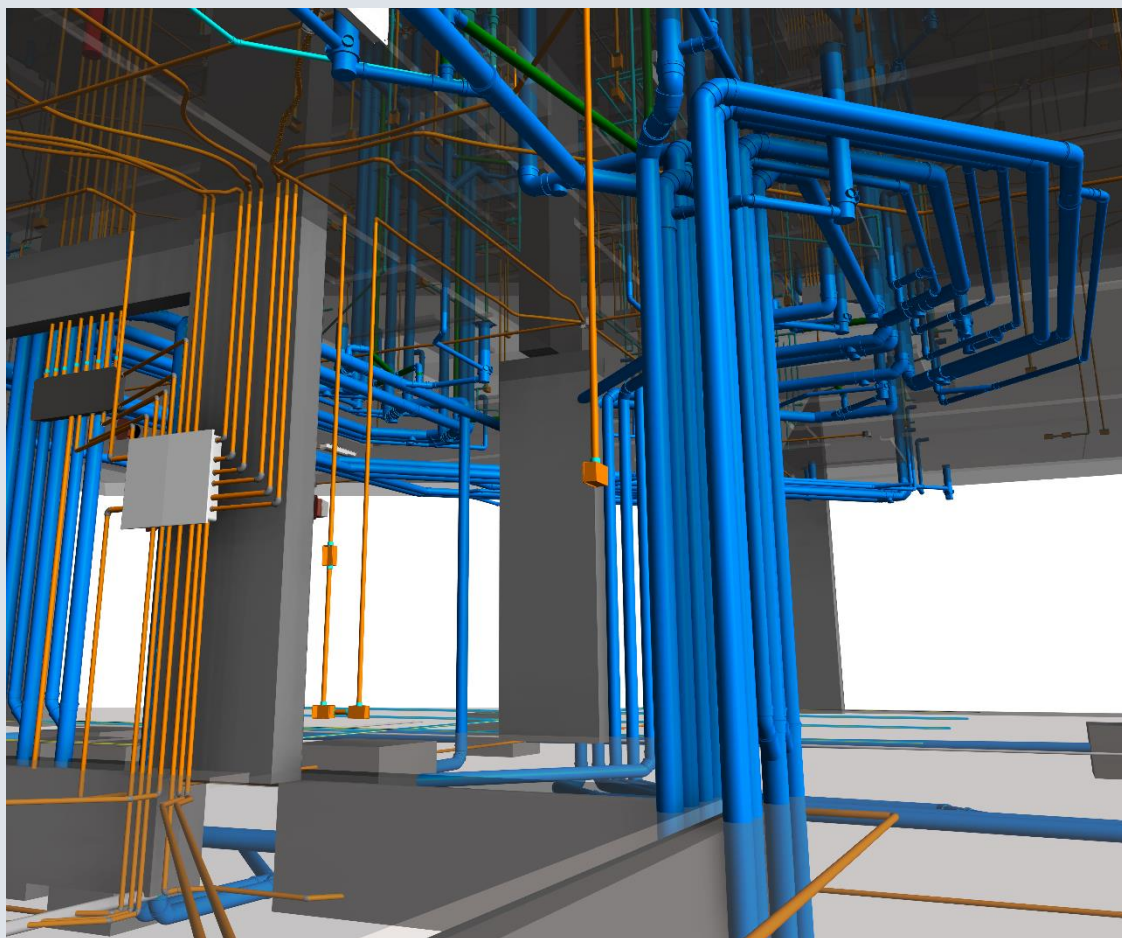
Nas últimas décadas, o avanço tecnológico dos computadores, de software, dos smartphones e da internet impactou tanto nas pessoas quanto nas organizações. Percebe-se a crescente quantidade e velocidade das informações geradas e disponibilizadas em ambientes reais e virtuais. Hoje, manter-se “atualizado” é necessário mais que apenas ser detentor da mais avançada tecnologia ou de possuir mais e melhores informações, mas requer a adaptação e otimização de processos gerenciais e a formação das pessoas.

No campo da tecnologia da informação, a complexidade de investir nas equipes das organizações tem sido o maior desafio, pois requer flexibilidade e mudanças na forma de pensar e agir dos profissionais atuantes no processo. E isto está intrinsecamente relacionado aos hábitos de cada um. Uma vez passada essa barreira, novas oportunidades e novos avanços podem ser visualizados, pois, via de regra, as tecnologias inovadoras trazem vantagens competitivas fáceis de serem identificadas.

No setor da construção civil, a cada dia surgem novas soluções em métodos, ferramentas, processos, conceitos, entre outros, e cabe às construtoras utilizá-las à medida do possível para conseguirem se manter competitivas. O BIM surge como ferramenta para analisar e facilitar o acesso a essas inovações. É preciso que as construtoras estejam sempre avançando tecnologicamente, no ritmo certo, dentro das suas capacidades, mas sistematicamente evoluindo técnicas e hábitos dos seus colaboradores.

Depois de apresentar as soluções de *Enterprise Resources Planning* (ERP), as tecnologias da informação trazem para o setor da construção civil nacional a Modelagem da Informação da Construção, em inglês, *Building Information Modeling* (BIM). Ela surgiu como resultado de pesquisas científicas de países mais tecnologicamente desenvolvidos na construção civil na década de 70, cuja necessidade era melhorar a tomada de decisão em vista a crescente quantidade de informações disponíveis e as novas exigências e especialidades esperada no mercado daqueles países (como segurança, certificações ambientais, sustentabilidade, conforto, entre outros).

BIM pode ser utilizado em todas as fases de uma edificação (fases de projeto, obras, uso e demolição), no entanto, como primeiro volume, neste livro, vamos tratar do tema BIM sendo utilizado na fase de projetos, focando no seu impacto nas fases de projeto e execução das obras. Veremos porque o BIM poder ser classificado como “A tecnologia das tecnologias”, o que seu conceito de desenvolvimento de empreendimentos exigirá dos profissionais envolvidos e como pode auxiliar no desenvolvimento tecnológico das construtoras de forma gradual, eficaz e eficientemente.



CENÁRIO ATUAL E POTENCIAL PARA RESULTADOS

Vamos refletir juntos: Após a aprovação da viabilidade de um empreendimento, parte-se para o desenvolvimento dos projetos, cujos produtos finais normalmente são desenhos, planilhas, cronogramas e textos. É nesta etapa que é determinado essencialmente quanto custará as obras, o prazo de execução e o produto a ser entregue.

Supondo a contratação dez outras equipes de projeto, independentemente daquela primeira equipe, para desenvolver dez outros projetos, garantindo que todas projetassem o mesmo produto final. Ao final, ao todo se teria 11 projetos para o mesmo produto a ser entregue, no entanto, cada um com suas soluções para custo e prazo de execução. Alguns desses teriam, por exemplo, soluções para lajes, fechamentos, *shafts*, coberturas, reservatórios, custos de materiais, produtividade de equipes e sequenciamento construtivos diferentes dos demais.

Para fechar a ideia, qual desses projetos seria escolhido para ser executado? Uma vez que todos entregam o mesmo produto final, muito provavelmente seria escolhido aquele que previsse menor custo e prazo de execução.

Portanto, considerando a chance do projeto escolhido (entre os 11 desenvolvidos) ser de menor custo e menor prazo daquele primeiro e único projeto (aquele desenvolvido pela primeira equipe contratada) é potencialmente maior.

Com BIM é possível contratar uma única equipe de projetos e ainda ter inúmeros projetos diferentes até a definição das melhores soluções para o projeto a ser executado no canteiro de obras. Esta é a possibilidade oferecida pelo BIM. Utilizando um modelo computacional, a equipe colaborativa do projeto pode propor inúmeras soluções para as diversas necessidades do empreendimento, e, mantendo no projeto apenas as melhores soluções encontradas, tem-se um projeto melhor.

Em CAD, tende-se a fazer as discussões das decisões verbalmente e, então, toma-se decisão por uma única solução. Esta é documentada a cada fase e poucas são as vezes onde há alteração dessas ao longo do desenvolvimento do projeto, havendo apenas a compatibilização daquela decisão com as demais soluções.

Os primeiros usos do BIM têm se dado no mercado como uma ferramenta para a compatibilização espacial do projeto. Assim facilmente é possível identificar que BIM está sendo usado apenas como uma ferramenta no

processo de desenvolvimento de projetos tradicional (aquele processo segmentado em anteprojeto, projeto básico e projeto executivo), e não exatamente como um novo processo de desenvolvimento de projetos por inteiro.

Isto acontece sobretudo porque vê-se BIM exclusivamente como um “desenho 3D”, ou “um software”, negligenciando o que tange a mudança dos processos e pessoas. Pensando BIM apenas como software teremos basicamente os ganhos de enviarmos à obra um projeto totalmente compatibilizado (acredita-se assim em uma redução de 2% a 5% de custos), ao passo que se BIM for entendido como mudança de processo (envolvendo mudanças de cultura, hábito e pessoas) teremos inúmeros projetos para uma única edificação, sendo possível reduções de custos potencialmente 10 vezes maiores.

Algumas empresas já conseguem usar o modelo para outros fins, como retirar informações de custo do empreendimento, informações através de desenhos para envio à obra, informações de métodos construtivos, dentre outros. No uso de BIM para extrair valores de custo, por exemplo, à medida que as soluções são inseridas no modelo, pode-se saber qual será o custo previsto do empreendimento naquele momento. Essas informações auxiliam na tomada de decisão de manter a solução inserida ou buscar outra.

Como futuro, será possível utilizar modelos para extrair informações de manutenção da edificação, de consumo de energia elétrica, de conforto e desempenho das edificações, e entre outras possibilidades ainda desconhecidas, mesmo ainda na fase de projetos E, assim, quanto mais informação sobre uma edificação for utilizada durante o seu desenvolvimento, melhor tende a ser o projeto final.

Para chegar lá, é preciso analisar sob a ótica da informação como se desenvolve um empreendimento da construção civil, desde o início dos estudos de viabilidade técnico-financeira até o início do uso da edificação (como citamos, este documento restringe-se a detalhar o uso do BIM na fase de projetos, visando ganhos nessa fase e na de execução do empreendimento).

UM NOVO CAMINHO

Recentemente, as construtoras de médio e pequeno porte passaram pela implantação de software ERP, que de maneira geral, exigiu bastante investimento de tempo, organização e padronização das firmas. Percebe-se que muitas foram as empresas nas quais a implantação deu-se apenas no âmbito do sistema de finanças (suprimentos, contabilidade e financeiro) dos empreendimentos, ficando em segundo plano o planejamento e a gestão da qualidade. Isso se dá pela dificuldade de geração e organização das informações nessas outras áreas. Há dificuldade em sistematicamente obter-se informações do que exatamente já foi executado no canteiro de obras e qual a qualidade dos serviços realizados, por exemplo.

Os empreendimentos de construção civil normalmente são marcados pelo envolvimento de grande quantidade de profissionais e, em muitos casos, há diferentes especialistas envolvidos a cada projeto. Outra característica é a variabilidade das informações a cada novo empreendimento, por serem executados em locais, condições, recursos e prazos diferentes.

Para desenvolver construções mais ousadas, com metas mais rígidas de custo, por exemplo, as informações que fluem durante as fases de projeto e de obras precisam estar mais organizadas, sendo esta a base para que as soluções entregues por cada um dos envolvidos sejam melhores (mais eficientes, de menor risco, de melhor eficiência e eficácia, de melhor facilidade de aplicação na obra etc.). Além disso, muitas dessas soluções afetam outras disciplinas do projeto, impactando nas soluções de outros profissionais da equipe, exigindo discussões e comprometimento de todos os envolvidos. E então surge a necessidade da colaboração.

Será o fim dos processos de projeto em que cada envolvido entrega sua parte (sua solução) baseada essencialmente em um plano de necessidades, e o início dos processos de projeto colaborativo nas quais as soluções, e inclusive as necessidades são decididas de forma conjunta.

Colaborar é contribuir com as melhores soluções para um objetivo compartilhado, obtendo-se o melhor de cada um dos profissionais envolvidos em um projeto. Esse termo difere de cooperar, onde todos contribuem com seus esforços, sendo a meta comum atingida pela soma dos objetivos de cada envolvido.

Sob o ponto de vista do BIM, a colaboração precisa de gestão da informação, pois é por meio da informação que há interação entre os profissionais. Essa

troca de conhecimentos (através da troca de informações) se dá de várias formas, em reuniões, ligações telefônicas, e-mails, desenhos, planilhas, memorial etc. A informação enviada por um profissional da equipe depende daquela que este recebe anteriormente. Por exemplo, um projetista de instalações elétricas enviará o seu projeto básico de acordo com o projeto arquitetônico que lhe foi enviado anteriormente, ou o projetista de estruturas vai propor uma solução para lajes de acordo com as necessidades e possibilidades enviadas previamente pela equipe de obras. Assim, se a informação recebida pelo profissional estiver errada ou incompleta o profissional responsável não possuirá informações para entregar soluções corretas ou completas.

Além das informações iniciais de projetos, existem informações geradas ao longo do seu desenvolvimento, como, por exemplo, a solução de revestimento externo custará além do valor gasto em obras anteriores, ou o *shaft* do banheiro da suíte está muito pequeno. São várias as informações trocadas durante o desenvolvimento (processo) do projeto e, por ser com base nelas que os envolvidos encontram soluções (tomam decisões), é necessária precisão na sua geração e manipulação.

É nesse contexto que surge o modelo computacional, cujo objetivo é conter todos os dados atualizados do projeto, e em cima deste modelo computacional devem ser geradas (modeladas) as informações para serem usadas pela equipe colaborativa.

Com os dados de um projeto registrados em um único local (neste caso em um modelo computacional) busca-se garantir que as informações modeladas em cima deste sejam baseadas consequentemente nas soluções de todos os envolvidos no projeto. Por exemplo, se forem deixadas todas as contas pagas e “a pagar” de uma empresa, impressas em uma única pasta de documentos, é facilmente possível extrair informações como: quanto ainda se deve pagar com as contas até o final do mês, o quanto já foi pago, se a conta de água já foi recebida, etc. Neste caso, as informações serão mais precisas pelo fato de se ter todas as contas em um único lugar.

Utilizando um modelo computacional, prevê-se que os elementos do projeto estejam compatíveis entre si. O que caracteriza essa “central de dados” como um modelo, e não apenas como um banco de dados, é sua capacidade de se “auto ajustar” dependendo da informação nele inserida.

Devido ao cuidado com a informação e seu relevante papel durante o desenvolvimento de um empreendimento, propõe-se analisar as etapas de projeto e a execução de obras sob a ótica da informação, antes de ir

diretamente para o BIM. Entendendo quais, como e por quem as informações fluem dentro da construtora, será possível identificar possibilidades de ganhos e necessidades de mudança para o uso do BIM.

O Projeto de Construção sob o foco da informação

O capítulo de Contextualização contém uma análise da fase de “projetos” sob a visão da informação. Essa fase de “projetos”, denominada de Projeto do Sistema de Produção (PSP), segundo Nigel Slack em sua obra Administração da Produção, de 1997, e dividida em Projeto do Produto e Projeto do Processo. Também será desenvolvido o entendimento de “execução de obras”, caracterizando-a como Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Com esses conceitos de Projeto do Sistema de Produção (PSP) e Planejamento e Controle da Produção (PCP) analisados sob o ponto de vista da informação, haverá a base necessária para o entendimento do BIM e identificar os ganhos possíveis com a ferramenta. Ainda, ao final serão propostos passos para formar uma ideia de como começar a usar BIM.

O PROJETO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

O termo projeto é muito utilizado e entendido na construção civil brasileira de diferentes maneiras, a depender do momento e contexto. No cotidiano, projeto é entendido como:

- Projeto como empreendimento: resultado de uma análise de negócios, podendo ter como produto uma nova edificação, um novo mercado, um processo de implantação de novas tecnologias etc. Utilizado em uma visão ampla.
- Concepção dos projetos: Fase que antecede a execução das obras que se inicia normalmente após a definição do estudo de viabilidade técnica-econômica.
- Projeto como desenhos: desenhos técnicos cujo objetivo é orientar a execução das construções dentro do canteiro de obras.

Neste livro, vamos tratar “projeto” como as atividades que antecedem à execução das obras (fase de design e aqui chamada de fase do Projeto do Sistema de Produção). O projeto é resultado da ação e esforço de definir o produto a ser entregue e do processo produtivo da execução de obras, segundo Slack.

De maneira geral, na construção civil entende-se como projeto o conjunto de pranchas contendo desenhos de arquitetura, estrutura, fundação,

instalações e detalhes executivos somados aos memoriais descritivos, especificação de materiais, atas de reuniões, entre outros. São com essas informações que inicia-se a execução de uma obra. Pouco se atenta ao projeto do processo produtivo, ou seja, como aquele produto será executado. Esse, basicamente, é considerado apenas por meio de premissas iniciais.

Tomando como base a indústria de manufatura tradicional (indústria automobilística, de eletrodomésticos etc.), o produto final pode inclusive ser determinado dependendo do processo de fabricação a ser utilizado (se possuímos uma máquina que fabrica apenas copos de plástico com frisos, então o copo de plástico entregue ao cliente será com frisos). A equipe de produção dessas indústrias desenvolve o projeto do processo de produção juntamente com a equipe de desenvolvimento do produto. Assim, ambas tomam decisões em conjunto, resultando em uma solução mais eficiente e eficaz. Esse procedimento também já é realidade em construtoras ao redor do mundo.

Essa sinergia entre o projeto do processo e o projeto do produto antecipa problemas e exige soluções com a maior quantidade de envolvidos na cadeia produtiva como um todo. Ao mesmo tempo que deixa as tomadas de decisões mais complexas, permite mais flexibilidade nas soluções. Por exemplo, se a equipe de execução de obras (responsável pelo processo construtivo) estiver presente no momento em que for decidida qual a solução de revestimento interno será adotada em um empreendimento (equipe responsável pela definição do produto), podemos optar por uma solução em revestimento com gesso, desde que a equipe de obras informe ter condições de executá-la e a equipe de produto informe que está adequado ao produto. Assim, mais possibilidades de soluções podem ser avaliadas e discutidas, além de todos decidirem juntos.

Os elementos do produto entregue ao cliente passam, necessariamente, por um processo de produção, podendo apenas serem “colocados” em seus lugares, como louças, metais, pias, portas e janelas, ou produzidos e aplicados, como revestimentos, peças estruturais etc.

Desse modo, as decisões de cada detalhe do produto a ser entregue devem ser feitas simultaneamente com as decisões de como esse será fabricado no canteiro de obras.

O Projeto do Produto

Este projeto reúne as decisões sobre o produto, tradicionalmente, participam o coordenador de projetos, o arquiteto, o engenheiro de estruturas, o engenheiro de fundações, o engenheiro de instalações e, quando o projeto exige, outros profissionais especializados (ambiental, impermeabilização, automação, vedação, conforto térmico e acústico etc.). Essencialmente, esses profissionais definem o produto a ser entregue, o dimensionamento de materiais, os encaminhamentos, os espaços, a estética, o atendimento de normas, a legislações, entre outros.

Essas decisões são tomadas baseadas basicamente nas informações iniciais (diretrizes estratégicas do empreendimento), nas trocas de informações, nas instruções normativas e na experiência entre os profissionais envolvidos ao longo do projeto.

À medida que as decisões vão sendo determinadas, essas são documentadas em desenhos e textos, que, ao longo do projeto, são trocadas entre os profissionais, assim todos se orientam para o desenvolvimento das soluções seguintes. Essas trocas de informações e tomadas de decisões se dão até que todas as soluções necessárias para completar o projeto sejam feitas, e então encerra-se o projeto.

Atualmente, em CAD, as informações utilizadas durante o desenvolvimento do projeto são geradas a partir das discussões feitas em algumas reuniões de projeto e essencialmente nos documentos que os envolvidos no projeto geram a cada etapa. Por exemplo, para o desenvolvimento do projeto básico de estruturas é utilizado o anteprojetado de arquitetura.

Em alguns casos são realizadas mais de uma reunião por etapa, e em outros, sequer são realizadas reuniões. Caso não haja reunião, as informações a serem usadas para o avanço do projeto são basicamente aquelas presentes em cada documento desenvolvido pelos projetistas, sem que haja a discussão e a validação pelos outros profissionais da equipe.

Percebemos que a cada etapa desse projeto (usualmente estudo preliminar, anteprojetado, projeto básico, projeto executivo) há um incremento de novas soluções àquelas já decididas, até que tudo esteja concretizado. Tem-se ao final, o Projeto Executivo composto por desenhos, memoriais descritivos, de cálculo e justificativos, além de cadernos de especificações e de encargos, por exemplo.

O Projeto do Processo

Nas decisões do projeto do processo, reúnem-se os engenheiros de execução das obras, de planejamento, de orçamento e o coordenador de projetos. Para cada produto a ser entregue, esses profissionais tomam decisões em relação a quais são os recursos necessários para realizá-lo no canteiro de obras (mão de obra, materiais, equipamentos, ferramentas etc.), como devem ser esses canteiros, quais os custos dos recursos, quais as produtividades para realizar os serviços, como deve ser realizado aquele serviço, qual a sequência construtiva das atividades etc.

As informações utilizadas vêm, sobretudo, das experiências dos profissionais e de cotações realizadas com fornecedores. Ainda é pouco comum serem usados bancos de dados de obras executadas anteriormente (bancos de dados com dados de fichas de verificação de serviços reprovados, produtividade das equipes, cronogramas previstos e realizados, além de problemas enfrentados durante a execução das obras), porém quando utilizadas promovem a melhoria contínua sistemática.

Este trabalho comumente é iniciado após o término do projeto do produto, o que dificulta a mudança de uma solução do projeto caso sua execução em obra seja inviável ou bastante onerosa. O andamento desse trabalho se dá em reuniões entre os profissionais, havendo poucas tradicionalmente interações entre as decisões de cada um. Como produto final, temos o plano de qualidade da obra, os cronogramas de execução, as planilhas orçamentárias, entre outros.

A mudança proposta neste livro provoca que as decisões sejam simultâneas e compartilhadas.

A Cadeia de Valor do Projeto

Tradicionalmente ao término da fase de viabilidade do empreendimento, temos um plano de negócios prevendo receitas, custos, lucros, taxas de retorno, riscos, o produto a ser entregue etc.

A denominada “Nova Economia” traz a substituição de plano de negócios por um modelo de negócios. Nesse conceito, são estabelecidas as metas para o empreendimento e as variáveis a serem medidas. É possível iniciar projetos sem necessariamente saber qual produto será entregue, quem serão os envolvidos, as receitas e os custos principais, as formas de

marketing e vendas. As definições vão sendo feitas ao longo do desenvolvimento do projeto, com base nos resultados obtidos da atuação dos envolvidos, podendo ou não terminar em um plano de negócios. Para cada tipo de negócio, pode-se prever uma cadeia de atividades diferentes.

Por exemplo, um dos modelos de negócios existentes na construção civil é o de incorporação. Esse pode ser sequenciado das seguintes maneiras:

Cada figura apresenta um exemplo de cadeia de valor e, nesses exemplos, a diferença está no momento em que a construtora entra no empreendimento. Veja exemplos de análise destas cadeias:

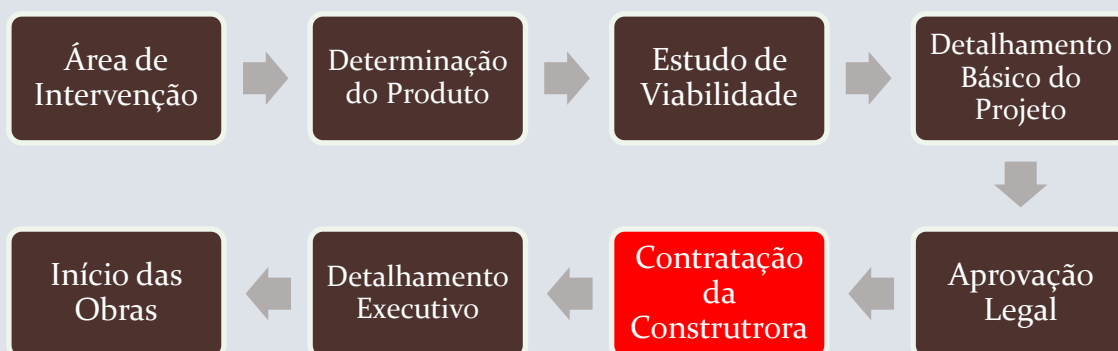


Figura 1 A contratação da construtora é feita após a aprovação legal do projeto.

Na Figura 1, a equipe de projetos tende a definir as soluções do projeto baseadas nas melhores opções do mercado, como tipos de revestimento, sistemas estruturais e níveis de acabamentos, de forma a garantir o produto definido nas fases anteriores. Terminados os projetos básicos, inicia-se o processo de contratação da construtora. No momento seguinte, a mesma desenvolve o projeto do processo construtivo para a execução do produto. Nesse caso, os valores propostos para a execução das obras tendem a ser mais elevados na média, devido às eventuais adaptações e os riscos no processo construtivo específicos de cada construtora para atender à demanda do projeto (produto).

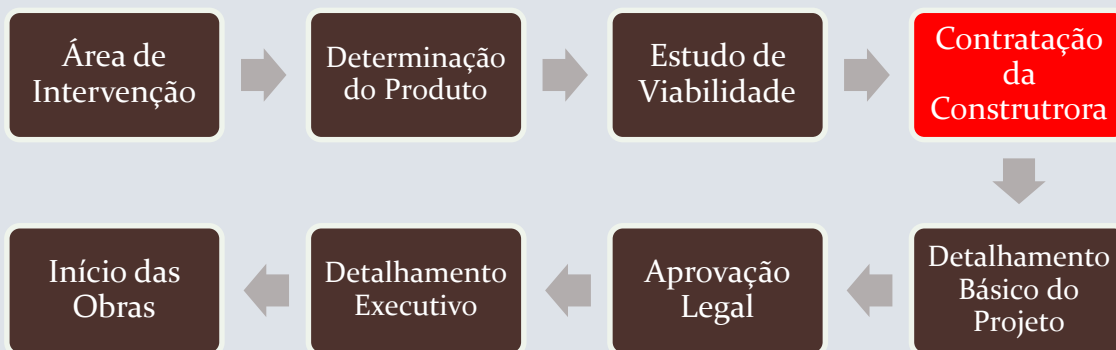


Figura 2 A contratação da construtora é feita após a aprovação da viabilidade do empreendimento

Na Figura 2, a construtora é definida de acordo com a viabilidade e o tipo do produto a ser entregue, participando do desenvolvimento do projeto. Os projetistas discutem as soluções a serem adotadas também junto à construtora, que direciona as soluções para as suas melhores práticas, tendendo a diminuir os riscos e os custos do empreendimento, mas mantendo a qualidade desejada do produto definido. Nessa situação, o projeto do produto e o projeto do processo podem ser desenvolvidos simultaneamente.

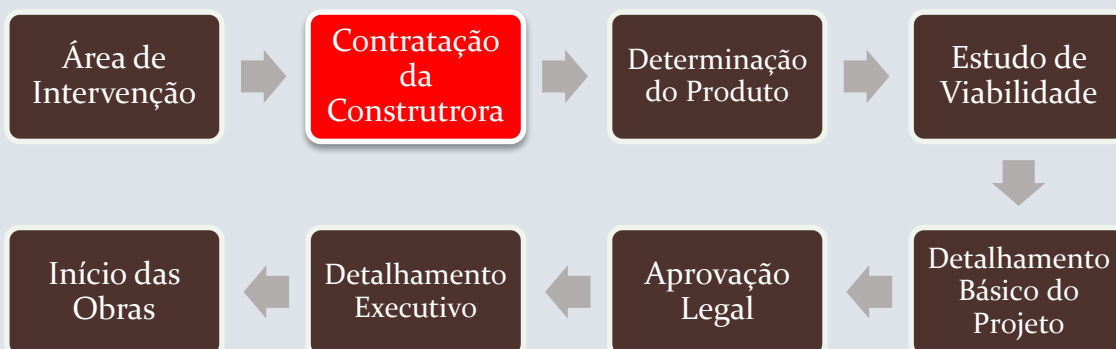


Figura 3 A contratação da construtora é feita no início do projeto do empreendimento.

Na Figura 3, a construtora é parte integrante do processo de incorporação e direciona os estudos de viabilidade de acordo com os valores de construção a serem estudados. Há como diminuir os riscos do empreendimento como

um todo, bem como os valores de construção, uma vez que as decisões sobre o produto e o processo serão orientadas às soluções de melhor custo x benefício desde a concepção do produto.

Em cada um dos casos acima, a forma de desenvolver os projetos é diferente. Portanto, os projetistas devem ser contratados e orientados a cada circunstância. Por exemplo, se a construtora é contratada apenas ao final da cadeia, então é preferível contratar profissionais de projeto que desenvolvem soluções mais comuns e assim menos arriscadas. Se a construtora é contratada logo no início, então é preferível contratar projetistas especialistas em soluções, uma vez que poderão discuti-las com a equipe que executará o produto, de forma a otimizar seus processos.

Nesse exemplo, demonstra-se como a estratégia do negócio influencia nos ganhos, perdas e riscos do empreendimento, considerando as possibilidades de desenvolvimento do projeto do produto e projeto do processo, simultaneamente ou separadamente. A maior mudança trazida pela aplicação do BIM está diretamente ligada à antecipação das decisões e o compartilhamento das mesmas.

A EXECUÇÃO DAS OBRAS

Encerrada a fase de projetar o sistema de produção (o PSP, projeto do produto e da execução das obras), dá-se início à execução das obras.

É um momento crítico, pois é aqui onde as informações do PSP são repassadas às equipes de obras, os quais serão os responsáveis por executar o projeto. São trocadas as reuniões tranquilas e confortáveis em escritórios pelas reuniões turbulentas dentro do canteiro de obras.

As equipes que entram em ação normalmente são divididas em: suprimentos (compras e almoxarifado), planejamento (solicitação de materiais e cronograma) e execução (equipe de obras, apontadores, qualidade e segurança), sendo essa liderada por um coordenador de obras.

A depender do porte e complexidade do empreendimento, um único profissional pode desempenhar mais de uma função ou atuar em mais de uma obra simultaneamente.

A segmentação melhor definida para os profissionais da equipe de obra é a de Planejamento de Obras e de Controle de Obras. Esta divisão ainda é

pouco vista nos canteiros de obras em geral, mas divide as responsabilidades estratégicas necessárias para a correta execução das construções. Nessa mesma segmentação, ainda existe a equipe de Melhoria, fechando as etapas de um projeto de construção civil: projeto, planejamento, controle e melhoria.

Planejamento de Obras

Ainda é comum ver em canteiro de obras o entendimento de planejamento de obras como equipe de “montar cronogramas” e a conseqüente reclamação de “este cronograma muda todos os dias, não vale a pena ficar atualizando-o”. Pouco ainda é visto o planejamento de obras como uma atividade gerencial, na qual planejar é gerir e prever os próximos passos.

O objetivo da equipe de planejamento de obras é receber as informações do projeto e decidir o que efetivamente deve acontecer no canteiro de obras. Como se sabe, vários são os imprevistos dentro do canteiro, por isso, essa equipe também precisa receber informações da equipe de dentro do canteiro (equipe de controle) e tomarem decisões em conjunto.

A equipe de planejamento centraliza as informações da execução das obras, como por exemplo, quais materiais estão sendo comprados, quais os serviços reprovados no canteiro de obras, qual a situação financeira do projeto, pagamentos e contratação das equipes de produção, etc., e toma as decisões juntamente com a equipe de controle de obras sobre o andamento da execução.

Devem fazer parte dessa equipe, os profissionais de compras de materiais, de contratos, de projetos, do financeiro e todos aqueles cujo papel seja alimentar a obra com recursos e informações.

São algumas atividades da equipe de planejamento:

- Revisar e ajustar os projetos para a obra;
- Informar à equipe de obras quais as atividades que devem ser realizadas no canteiro no plano operacional (atividades a serem realizadas na semana);
- Adequar o cronograma estratégico e tático de acordo com o realizado no canteiro de obras (caso as atividades da semana não sejam realizadas);
- Gerenciar as restrições às atividades que deverão iniciar no canteiro (compra de materiais, equipamentos, mão de obra etc.);

- Realizar reuniões com a equipe de execução e controle sobre as atividades a serem iniciadas.

Controle de Obras

Com as informações do projeto e com as atividades previstas para serem realizadas, cabe à equipe de controle garantir a sua execução. Essa equipe orientará as equipes de produção sobre como deverão ser realizadas as atividades previstas, além de dar suporte aos imprevistos.

Também caberá a essa equipe o levantamento das informações sobre o andamento das atividades no canteiro, sobre a qualidade dos serviços, a produtividade, a segurança dos profissionais envolvidos, as necessidades imprevistas dentro do canteiro e o registro de todos os acontecimentos. Essas informações devem ser encaminhadas para a equipe de planejamento, para que possam prever as atividades seguintes.

Fazem parte dessa equipe os apontadores, os almoxarifes, a equipe de controle de qualidade, o engenheiro de execução, equipes de segurança do trabalho, entre outros. São atividades rotineiras das equipes de controle as seguintes:

- Fornecer informações técnicas para as equipes de execução;
- Garantir a segurança dentro do canteiro de obras;
- Cumprir as atividades dentro dos prazos acordados com a equipe de planejamento;
- Resolver questões inerentes ao processo construtivo (intempéries, atrasos, desvios);
- Garantir a qualidade dos materiais empregados na execução das obras;
- Realizar a gestão dos recursos humanos;
- Treinamentos de qualidade e integração nos canteiros;
- Debater com as equipes de produção as atividades realizadas no canteiro de obras, de forma a reduzir a volatilidade do processo;
- Orientar a equipe de execução quanto aos defeitos de qualidade nos serviços realizados;
- Realizar ensaios e testes em concretos, solos, fundações etc.;
- Informar a equipe de planejamento o andamento das atividades no canteiro de obras;

- Realizar as medições de andamento das atividades às equipes de obra.

No cenário atual, com a falta de definição clara de atuação da equipe de planejamento, a equipe de controle fica sobrecarregada, pois, além das suas atividades de controle, precisam realizar o planejamento (solicitação de materiais, contrato com equipes de execução, ajustes nos projetos). Assim, temos o panorama geral dos canteiros de obras, na qual a equipe de “obras” gasta grande parte do dia resolvendo problemas “urgentes”. Esses, na maioria das vezes, acontecem por falta de planejamento.

O método mais conhecido internacionalmente entre as construtoras para a realização de planejamento de obras é o *Last Planner System*®, o qual utiliza três dimensões de planejamento: o estratégico, o tático e o operacional. O método organiza a informação durante a execução das obras, além de reduzir o tempo com o desenvolvimento de cronogramas (cronogramas Gantt) tradicionais. Dezenas de canteiros de obras utilizam esse método no Brasil, em especial as construtoras do nordeste do País, apresentando ganhos consideráveis nas construções. Existem no País quantidades suficientes de profissionais para implantar esse método nas empresas.

Apesar de serem atividades bem diferentes, as equipes de planejamento e de controle de obras devem realizar suas ações conjuntamente por meio de trocas de informações organizadas e dinâmicas e tomadas de decisão integradas.

Do mesmo modo que é preciso repensar a fase de projetos, dividindo claramente em projeto do produto e projeto do processo, é necessário também repensar a fase de execução das obras, fracionando em equipes de planejamento e de controle de obras e definindo metas claras para cada uma delas.

Mais detalhes de como executar obras dentro desta visão de planejamento de obras e controle de obra está disponível em “Preparação da Execução das Obras” publicação impressa dos autores Ana Lúcia Rocha de Souza e Silvio Burratino Melhado, da editora O Nome da Rosa, publicado em 2003.

Também serão discutidas estas questões no grupo de discussão Entendendo BIM na rede social [LinkdIn](#)®.

Entendendo o BIM

No capítulo anterior analisou-se o projeto e a execução das obras dentro de uma estrutura técnica e sob o ponto de vista da informação, quem são seus responsáveis, como elas fluem, para que são usadas etc. Neste capítulo, apresenta-se um entendimento sobre BIM dentro dos dois alicerces base para o primeiro entendimento sobre a tecnologia: a colaboração e o modelo computacional (modelo BIM).

Como visto no início do capítulo de contextualização, evoluindo a colaboração sem o uso de um modelo computacional, haverá dificuldade para gerir as informações de um empreendimento, e se avançar apenas no uso do modelo computacional (sem avançar com a colaboração) surgirá a dificuldade em fazer com que toda a informação disponível e organizada seja efetivamente transformada em ganhos para o empreendimento.

A colaboração definirá como os profissionais detentores do conhecimento técnico se relacionam em busca de soluções complexas e inovadoras e o modelo BIM como base para a modelagem da informação necessária para alimentar a equipe colaborativa durante a execução do empreendimento.

COLABORAÇÃO

O conhecimento necessário para o desenvolvimento de um empreendimento está nos profissionais envolvidos no projeto. Na essência, cada profissional contribui com aquilo que mais tem know-how para atingir o objetivo do projeto. A forma como esses especialistas se relacionam está diretamente ligada à maximização das suas contribuições ao projeto. Como exemplo, profissionais que pouco participam das reuniões ou trocas de ideias com o restante da equipe de projetos tendem a entregar soluções menos compatíveis com as demais soluções propostas pela equipe.

Equipe Colaborativa

Uma característica dos projetos é ter objetivos, podendo ser dos mais óbvios e simples até os mais complexos e desafiadores. Com os objetivos definidos, uma das necessidades é estabelecer quais os recursos disponíveis e/ou necessários para atender essas metas. Tratando-se dos recursos humanos,

algumas considerações são as mais utilizadas para a sua definição, como a disponibilidade, a proximidade, a confiança, a experiência, o custo, a forma de relacionamento e o comprometimento de um determinado profissional (recurso humano). Em projetos menos arriscados, o comprometimento, a disponibilidade e os custos podem ser as principais características necessárias. Em projetos mais complexos, a confiança e experiência podem ser decisivas para montar a equipe.

Para a formação da equipe é necessária análise da composição da equipe como um todo. A base está nas disciplinas tradicionais para a realização do projeto e, caso haja metas específicas ou complexidades no projeto, pode ser necessário a contratação de profissionais especialistas. Nem todos precisam atuar desde o início ao fim do projeto e, nesse caso, é importante analisar especialmente sua forma de atuação.

Um projeto avança à medida que são tomadas decisões e, portanto, a forma de participação de cada profissional é ponto chave para o bom uso dos recursos. Profissionais dispostos a participar de equipes colaborativas precisam atuar focados na meta do projeto como prioridade e, em segundo plano, suas necessidades como profissional e/ou empresa.

Quanto mais e melhores forem as soluções propostas por cada um dos profissionais, melhor tende a ser a tomada de decisão final. Uma das dificuldades está no fato das soluções se adequarem às metas do projeto e também estarem integradas às soluções dos outros profissionais. Quanto mais flexíveis forem as soluções e o profissional, maiores as chances de ser encontrado o melhor caminho. Em alguns casos, é preciso que o profissional “recue” em algumas decisões para que outra solução, de outro profissional com mais resultado para o projeto como um todo, seja mantida, mesmo isso fazendo-o retrabalhar. Esse é o foco no objetivo do projeto e envolve uma reavaliação de cultura de projeto dos profissionais do setor.

O comprometimento do profissional deve receber atenção especial nesses projetos. É preciso estar atento ao andamento do mesmo, às necessidades dos outros profissionais da equipe e aos momentos certos de trazer novas questões e soluções. Em processos colaborativos, cumprir com seu papel buscando as metas do projeto são a base para que toda a equipe avance.

Contratação dos profissionais

Como visto, a mudança básica necessária dos profissionais para atuarem de forma mais colaborativa está em focar nas metas do projeto e apenas em segundo plano na entrega final dos seus respectivos projetos.

Desta forma é preciso repensar como os projetistas devem ser remunerados. Hoje, muitas das propostas de prestação de serviços de projetos se baseiam na quantidade de metros quadrados previstos para o empreendimento, e a partir disto variando pelo prazo necessário de elaboração, pela quantidade de repetições dos espaços existentes no projeto (por exemplo, pavimentos tipo), dentre outras. Nota-se que as considerações feitas para a elaboração destas propostas estão diretamente ligadas ao esforço “braçal” necessário para gerar os desenhos, memoriais, etc., os documentos “produto” daquela prestação de serviços.

Partindo para desenvolver serviços focados nas metas do projeto, uma proposta de prestação de serviços de projetos deve considerar a complexidade de atingimento das metas, e a partir disto, variar seu valor por exemplo, pelo número de soluções do projeto com as quais as suas soluções propostas devem ser compatíveis (por exemplo, edificações com certificação de qualidade exigem padrões de materiais específicos), pela organização do fluxo de informações durante o projeto, pela quantidade de soluções estimadas necessárias até se encontrar a solução final, entre outros. Assim, a proposta estará relacionada mais diretamente à experiência dos profissionais e sua capacidade de agregar valor ao projeto que na sua eficiência em gerar documentos (desenhos, memoriais, revisões, detalhes) como produtos finais.

Dentro disso, existem algumas formas conhecidas de efetivar o contrato com estes profissionais. Por exemplo: um valor fixo para os custos de desenvolvimento do projeto (valores mais baixos no início) com um bônus pelo sucesso ao final do projeto relacionado ao atingimento das metas. Ou ainda, valores pagos por quantidade de horas trabalhadas ou por soluções apresentadas.

Gerenciamento da Equipe

Escolher os recursos certos para o desenvolvimento do projeto é tão importante quanto decidir o gerente ou coordenador. Esse profissional tem

o papel principal na integração da equipe, auxiliando a todos no cumprimento das metas e buscando a eficiência no uso dos recursos disponíveis.

Considerando o projeto como uma sequência de tomadas de decisão, o gerente organiza o andamento do projeto e fomenta soluções até que estas se enquadrem às metas, além de atender a equipe com as informações necessárias para que os profissionais desenvolvam suas soluções com eficiência e eficácia.

Sob o ponto de vista da tecnologia da informação, a matéria-prima para uma boa tomada de decisão é a informação. Quem melhor processar as informações do projeto, mais poderá contribuir para o seu desenvolvimento. Assim, a gestão da informação durante o desenvolvimento do projeto tem impacto direto na qualidade do produto final. É preciso garantir que as informações certas estejam à disposição dos profissionais da equipe na hora certa. Tomadas de decisão feitas sem as informações corretas ou necessárias acarretam em retrabalhos ou na diminuição da qualidade do projeto entregue.

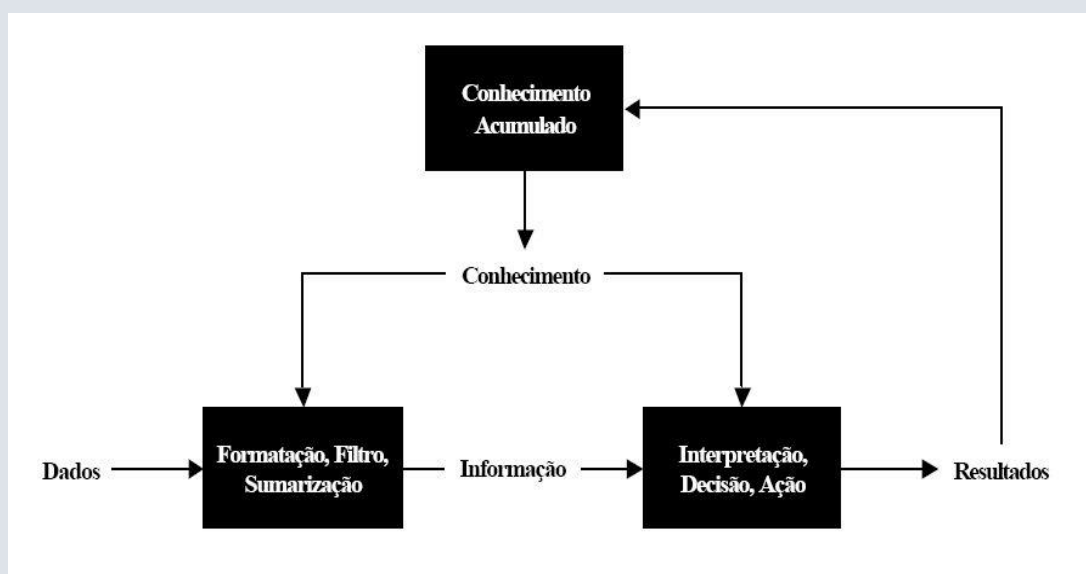


Figura 4 Ciclo da criação do conhecimento, Prof. Dr. Sérgio Scheer

A complexidade dos projetos tem ultrapassado a capacidade humana de geri-los, sobretudo pelo enorme volume de informações disponíveis e necessárias, e para se adequar à esta realidade, como ferramenta para a

gestão da informação, várias áreas do conhecimento têm usado modelos computacionais.

Coordenação de Projetos e Coordenação BIM

Seja qual for o formato da cadeia de valor do projeto determinado para o empreendimento, dentro das construtoras há a necessidade de realizar a coordenação do projeto, que atua desde o início da participação da construtora na cadeia de valor até que a equipe de obras (equipe de planejamento e controle) assuma o projeto em sua totalidade. Em especial onde este papel do coordenador de projetos é desempenhado por um profissional específico, sua atualização pode se estender até o final da execução das obras. No entanto, percebe-se que muitas são as construtoras (sobretudo aquelas de pequeno porte) onde esta função é desempenhada pela própria equipe de execução de obras.

Este trabalho de coordenação pode ser baseado nas instruções do Project Management Institute (PMI), instituição internacional sem fins lucrativos que padroniza questões de gestão de projetos, ou em métodos ágeis de gestão, conceitos estes mais adaptados à dinâmica de projetos da construção civil atual.

Na prática, estes profissionais atuam nas questões legais para a execução das obras, na gestão dos documentos a serem enviados à obra, na produção do projeto do processo construtivo (questões prévias de canteiro de obras, análises e documentos, de prazo e custo), contratação de equipes de operários para a execução das obras, contato com principais fornecedores, entre outros.

Em projetos desenvolvidos no conceito BIM, deve ser acrescentado às atividades exercidas pelo coordenador, as questões de colaboração da equipe, de gestão das informações e gestão do modelo BIM.

No que tange à colaboração, o coordenador de projetos precisa estar atento em fomentar na equipe as soluções necessárias para o projeto, discutindo no momento certo com os profissionais certos, possibilidades para o encontro da solução final. Também o coordenador precisa alinhar os processos de desenvolvimento de projetos para parte de cada projetista, de forma que cada profissional da equipe tenha as informações necessárias para desenvolver seu trabalho no ritmo e caminho certos para o projeto. Os profissionais da equipe colaborativa precisam ter o coordenador como um

apoio para o desenvolvimento das suas atividades. O papel mais importante do coordenador BIM é manter a motivação da equipe em atingir a meta dos projetos.

Além da colaboração, o coordenador de projetos precisa ampliar sua visão sobre a gestão das informações que são trocadas durante o desenvolvimento do projeto. Sabendo quais as questões a serem decididas em um determinado momento (por exemplo, uma pauta de reunião a ser realizada), o coordenador precisa identificar e buscar as informações necessárias para uma tomada de decisão consistente e coerente. Identificar de onde devem vir estas informações (por exemplo, se de algum profissional, se de um instrumento normativo ou se do modelo BIM). Para fechar, o coordenado precisa armazenar e repassar as informações referentes às decisões tomadas. Ainda, quanto à comunicação das informações, são precisos critérios para determinar canais, meios e veículos de comunicação. Por exemplo, decisões que podem impactar consideravelmente o projeto devem ser feitas em reuniões de forma verbal, não sendo aconselhável fazê-las via correio eletrônico.

Para finalizar os três quesitos que o coordenador deve acrescentar ao seu trabalho, este deve gerir o desenvolvimento do modelo BIM. Será visto ainda neste capítulo que o modelo BIM pode ser entendido tal como uma programação de software (programações em HTML, Java, PHP, Delphi, C#, etc.), e assim fica fácil o entendimento de que para um software funcionar, várias são as programações que precisam se juntar de forma alinhada. Um modelo BIM funciona da mesma forma. Este modelo pode ser desenvolvido por um único profissional (o que acontece no início do uso da tecnologia) como serem feitos por diversos envolvidos, por exemplo, cada profissional desenvolve o modelo de sua especialidade.

De qualquer maneira, é preciso a definição de padrões de modelagem dependendo de cada uso do BIM. Desde os padrões mais simples para BIM 3D, aos mais complexos para BIM 5D, 6D, etc., por exemplo.

Ainda, realizada a programação (geração) dos modelos, o coordenador precisa ser o responsável pelo conteúdo do modelo, os dados nele inseridos, bem como das informações modeladas sobre ele. Um modelo programado incorretamente e/ou contendo dados incorretos, por gerar informações erradas e que podem desviar uma tomada de decisão, reduzindo sua qualidade, e conseqüentemente, a qualidade do projeto final.

Devido a estas novas complexidades, pode existir em um projeto o coordenador de projetos e o coordenador BIM, trabalhando

horizontalmente na busca pelas metas. Ainda, estes profissionais podem ser parte do corpo técnico da empresa como podem ser mais um terceirizado a ser contratado a cada projeto, tal como acontece com os projetistas em geral.

O MODELO

Um modelo computacional tem como objetivo ser uma base de dados sólida, em cima da qual são modeladas (geradas) informações para alimentar a equipe colaborativa.

As informações sendo geradas a partir de um banco de dados único trazem a confiança de que essas estarão corretas e atualizadas uma vez que toda a equipe o alimenta. Por consequência, as tomadas de decisão serão mais assertivas, melhorando substancialmente o produto resultante do projeto.

Além de fornecer um conteúdo mais preciso, o modelo computacional deve aumentar a quantidade de informações durante o projeto. Portanto, se para cada solução proposta pela equipe colaborativa obtiver-se mais informações sobre seus impactos no projeto como um todo, outra vez, melhores e mais assertivas serão as tomadas de decisão.

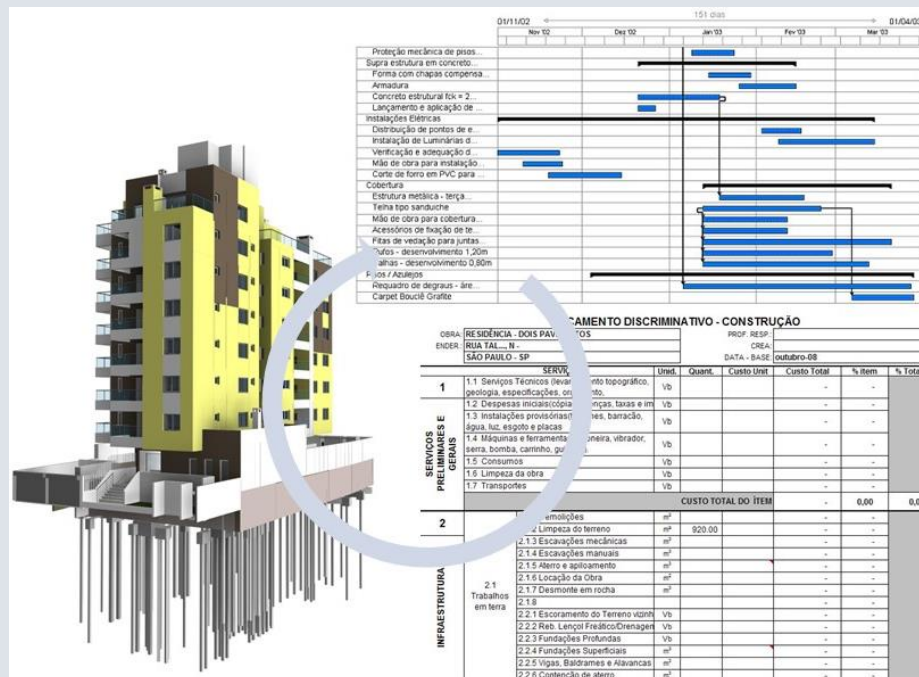


Figura 5 Componentes de software na geração de um Modelo Computacional em Projeto

Com modelos computacionais como base para a modelagem da informação da construção, consegue-se realizar desde projetos compatibilizados fisicamente e com quantitativos precisos, até desenvolver projetos de alto desempenho, como projetos de edificações altas executadas em dias recordes.

Modelo Físico

Modelos físicos são utilizados há muito tempo pela engenharia com vários objetivos, entre eles, para complementar cálculos matemáticos em projetos complexos. Esses modelos são construídos utilizando materiais com propriedades semelhantes àqueles a serem utilizados na construção do produto final. Assim, é possível simular o desempenho e a performance das estruturas, por exemplo.

Um dos maiores modelos reduzidos do mundo é o da Usina Hidrelétrica de Itaipu, cuja barragem do modelo possui 250 m de comprimento. O Instituto Lactec, localizado no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, abriga atualmente um modelo reduzido da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, em uma escala de 1:110.



Figura 6 Modelo Reduzido da Usina de Itaipu (<http://goo.gl/h75chK>)

Contextualizando, com esses modelos reduzidos prontos, os profissionais realizam simulações com diferentes níveis de água na barragem e vazão de

água, por exemplo, e conseguem medir impactos de pressão, velocidade das turbinas, entre outros inúmeros ensaios. Na essência, são extraídas informações desses modelos que ajudam os profissionais a validarem ou complementarem seus cálculos.

A evolução da informática, tanto em software como hardware, possibilita que esses protótipos (ou ainda, arquétipos) sejam construídos virtualmente, poupando tanto o prazo e custo da construção dos modelos físicos, quanto aumentando as possibilidades de simulações. Por exemplo, com um modelo virtual é mais fácil simular o aumento da altura da estrutura da barragem e os impactos na geração de energia.

Modelo Computacional (Modelo BIM)

Os modelos computacionais (ou virtuais) são desenvolvidos com os mesmos objetivos dos físicos, servindo para simulação, complementação e/ou validação de cálculos matemáticos. Aos modelos computacionais voltados à construção civil deu-se o nome de Modelo Integrado ou Modelo BIM.

Uma das vantagens dos virtuais é a sua capacidade de ser relativamente fácil a sua reconstrução ou remodelagem, oferecendo a seus usuários mais condições de simulação e, conseqüentemente mais informações. Por exemplo, é possível trocar uma solução estrutural de concreto armado por uma em aço e analisar seus impactos.

Modelos BIM são a chave para que o BIM seja realizado com sucesso. Servem como base de dados para a modelagem da informação a ser utilizada pela equipe de projetos colaborativa, para criar soluções e tomadas de decisão.

Para fixar o entendimento do modelo BIM, pode-se compará-lo a um software ou a uma planilha eletrônica. Quando necessita-se realizar cálculos precisos e que envolvam várias operações com dados distintos, utiliza-se um software de desenvolvimento de planilha eletrônica onde é realizada uma programação para que os cálculos sejam feitos automaticamente assim que novos dados sejam inseridos. Por exemplo, programamos uma planilha eletrônica para cálculos de viabilidade de empreendimentos, e a cada novo cenário previsto, são inseridos novos dados na planilha (no modelo de cálculo), e este realiza os cálculos de forma que podemos retirar novas informações sobre o novo cenário.

Um modelo BIM tem a mesma função de uma planilha eletrônica, no entanto é desenvolvido em software específico para a construção civil, facilitando sua programação e o input de dados.

Modelos BIM 3D, 4D, 5D, 6D nD

Com relação às dimensões de um modelo, essas se referem a como ele está programado e, conseqüentemente, aos tipos de informação que serão dele retiradas.

Um modelo computacional contendo as informações espaciais e qualidade do projeto (pilares, vigas, lajes, paredes, portas, janelas, tubulações etc.) é um modelo 3D. Dele será possível extrair informações sobre a compatibilização espacial do projeto, as especificações de materiais e acabamentos, quantitativo de materiais, soluções para revestimento, entre outros.

Ao programar um modelo BIM para receber informações de prazo (produtividade das equipes de produção, número de equipes e sequência construtiva), esse receberá o nome de modelo BIM 4D. Dele serão retiradas informações sobre o cronograma da obra, como início e término de cada atividade, configurações espaciais a cada etapa da execução, lead time e ritmo de produção, por exemplo.

Ainda, um modelo BIM programado para receber informações de custo dos serviços (custo de materiais, mão de obra e equipamentos, despesas indiretas e bônus, etc.), receberá o nome de modelo BIM 5D. A partir desse, será possível retirar diversas informações, entre elas o custo das atividades da obra e as curvas ABC.

Quando se deseja obter informações sobre o uso da edificação, então programa-se um modelo a ser chamado de modelo BIM 6D. Esse recebe informações sobre a validade dos materiais, os ciclos de manutenção, o consumo de água e energia elétrica, entre outros. O modelo BIM 6D contendo essas informações poderá ser usado para extrair informações de custos de operação e manutenção da edificação.

Quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de informações possíveis de serem modeladas a partir deles, tornando as tomadas de decisão mais complexas e acertadas.

Por exemplo, utilizando um modelo BIM 5D em um processo BIM 5D, as decisões durante a fase de projetos dependerão também da validação do

custo da solução, ou seja, uma solução de laje proposta para uma construção, além de ser compatível 3D (adequa-se ao espaço e ao escopo) e 4D (o prazo para sua execução é compatível ao prazo total de execução da obra), deverá ser compatível ao custo da obra. Caso não esteja adequando a alguma dessas dimensões, essa solução precisará ser revista.

Como visto, mais importante que programar um modelo BIM 3D, 4D ou 5D, é conseguir usá-los em um processo BIM 3D, 4D ou 5D. A equipe colaborativa varia de acordo com a dimensão do modelo, pois, se for utilizado um modelo BIM 4D em um processo BIM 4D, é importante que o engenheiro de planejamento esteja presente à equipe, assim, ele ajudará nas decisões. O que agrega valor ao projeto não é o modelo, e sim o BIM.

Interoperabilidade e Industry Foundation Classes (IFC)

Seguindo o entendimento, o modelo BIM é um modelo computacional desenvolvido em softwares voltados para a construção civil. Ele é composto por vários modelos específicos, por exemplo, modelos de arquitetura, de estruturas, de planejamento, de custos etc., que, quando estão em uma única plataforma, tornam-se um modelo integrado.

Em um primeiro momento de implantação de BIM na construção civil do País, os padrões utilizados para o desenvolvimento dos modelos são definidos pelos próprios usuários, normalmente da equipe de coordenação de projetos BIM.

A partir da familiaridade de desenvolvimento do modelo por mais empresas e profissionais, tende-se que cada um (arquitetos, engenheiros, planejadores) desenvolva o seu próprio modelo. Neste caso, entrará na pauta a questão da interoperabilidade de modelos, ou seja, como juntar todos estes modelos específicos em um único modelo, o modelo integrado. Cada um desses modelos precisará ser programado de forma a seguir uma única padronização, permitindo a integração de todos eles.

Por exemplo, em qual modelo estará modelada a cobertura da edificação, no de estruturas ou no de arquitetura? Ou ainda se a sequência de execução do revestimento externo da edificação projetada for realizada por fachadas (primeiro a norte, depois a leste, sul e oeste, por exemplo), então a arquitetura deverá programar o modelo da arquitetura desta forma.

Ao longo do desenvolvimento da tecnologia, vários outros software BIM surgirão no mercado, por exemplo, software BIM para análise de geração de

resíduos, para simulação de evacuação de edificações, para análises de atendimento a códigos de obras de prefeituras, à norma de desempenho, entre outros. Assim, mais frequente será a interoperabilidade dos modelos.

Para isso, existe uma linguagem padrão internacional para que todos esses software possam permitir a troca de modelos (permitirem a interoperabilidade) entre si, chamada Industry Foundation Classes (IFC). De tal forma, independentemente do software utilizado por cada profissional envolvido, será possível gerar um modelo integrado, basta que seja “solicitado o IFC” do modelo para o profissional responsável. Essa linguagem é gerida pela BuildingSmart®.

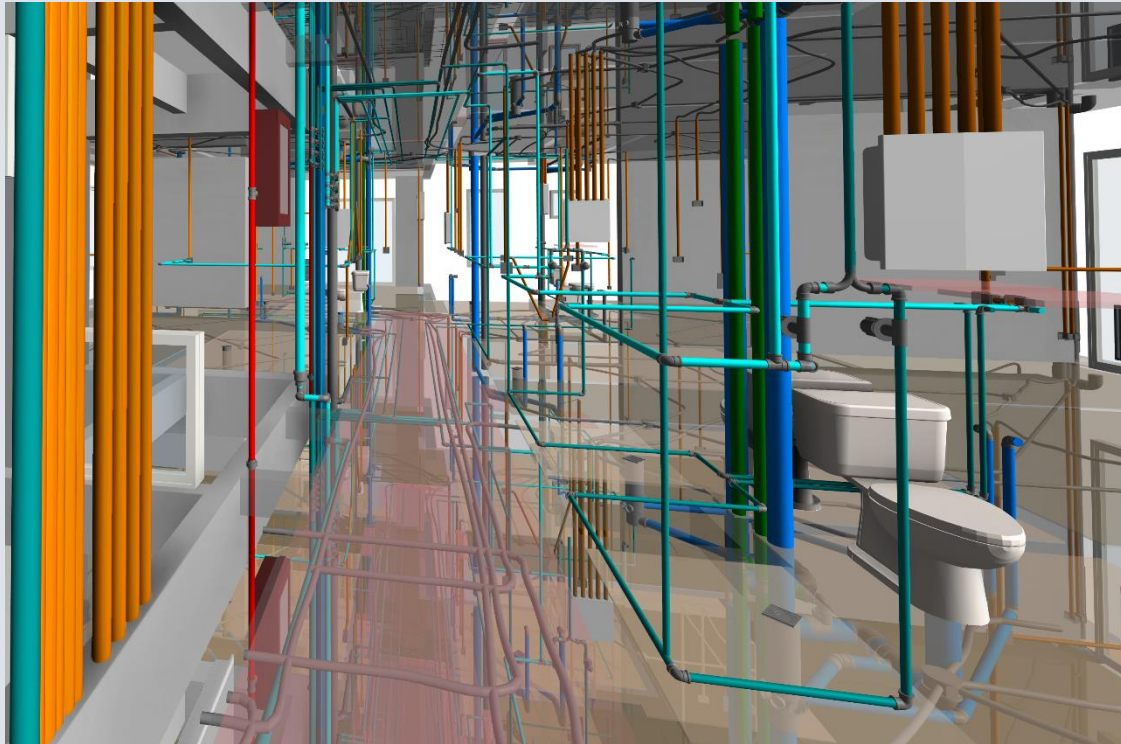
NORMATIZAÇÃO

Duas ações no sentido de normatização da tecnologia BIM no Brasil já estão sendo feitas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Diferentemente do CAD, um modelo BIM não é formado por um conjunto de linhas, círculos e textos, mas sim por um conjunto de componentes, também chamados de famílias, como portas, janelas, paredes, tubulações, etc.

O Grupo de Trabalho de Componentes BIM da Comissão de Estudo de Modelagem da Informação da Construção (ABNT/CEE-134) trabalha com o objetivo de padronizar os componentes BIM. Assim, os fornecedores do setor poderão criar e disponibilizar os componentes dos seus produtos, já baseados em de um padrão, garantindo que quaisquer profissionais que utilizem softwares normatizados poderão incluir tais componentes em seus modelos.

Outra norma em desenvolvimento é a NBR 15965, cujo objetivo é “definir a terminologia, os princípios do sistema de classificação e os grupos de classificação para o planejamento, projeto, gerenciamento, obra, operação e manutenção de empreendimentos da construção civil”. Na prática, todos os termos utilizados na construção civil (materiais, equipamentos, serviços, espaços, unidades etc.) estão sendo padronizados e itenizados, facilitando a troca de informações entre agentes nacionais e internacionais.



CONSIDERAÇÕES DE BIM

Veja o seguinte exemplo: O coordenador de projetos BIM Jorge, ao chegar no escritório, liga seu computador, abre o software BIM e acessa o modelo referente ao empreendimento que ele está coordenado, iniciando a análise do projeto hidráulico. O modelo BIM permite-o observar que uma prumada de esgoto está passando sobre a porta do salão de festas da edificação. Logo, após essa constatação no modelo BIM, ele escreve o seguinte texto em um bloco de papel ao lado: “A prumada TQ-03 está passando pela porta do Salão de Festas, no andar térreo”. O Jorge acaba de modelar uma informação usando um modelo computacional.

Essa informação demanda uma tomada de decisão, visto que o projeto não poderá ir para a obra com a solução de prumada ou com a solução da porta do Salão de Festas atual. Então, faz-se uma reunião com a equipe colaborativa em busca de soluções.

Nesse exemplo, fica evidente a necessidade da participação do coordenador de projetos BIM, do arquiteto e do projetista de instalações hidráulicas nesta reunião, pois, assim, será possível tomar a decisão de forma colaborativa, com probabilidade que a mudança seja acertada e definitiva.

Decidida a solução para o problema, essa é registrada (possivelmente em uma ata de reunião) da seguinte maneira: “A porta do Salão de Festas será deslocada 50 cm em direção a porta dos banheiros”. A informação, fruto da decisão, é enviada para o modelador BIM responsável, e esse fará a alteração no modelo, finalizando o problema e reduzindo a possibilidade de imprevisto na obra, tornando a solução de qualidade.

Como vimos, o BIM é uma tecnologia de informação, e não uma evolução da Arquitetura, Engenharia e Construção. O foco principal é a informação para orientar a tomada de decisão.

Além do processo em si de troca de informações com o modelo, é preciso organizar questões mais importantes, como a definição das metas do projeto, forma de contratar os projetos, a atuação dos envolvidos de forma colaborativa, as necessidades do empreendimento e a necessidade de adiantar as tomadas de decisão.

Ganhos na Construção Civil com BIM

Os ganhos com o BIM passam pela melhoria da qualidade e do fluxo de informações durante um projeto e em fomentar a melhoria na tomada de decisão pela equipe envolvida.

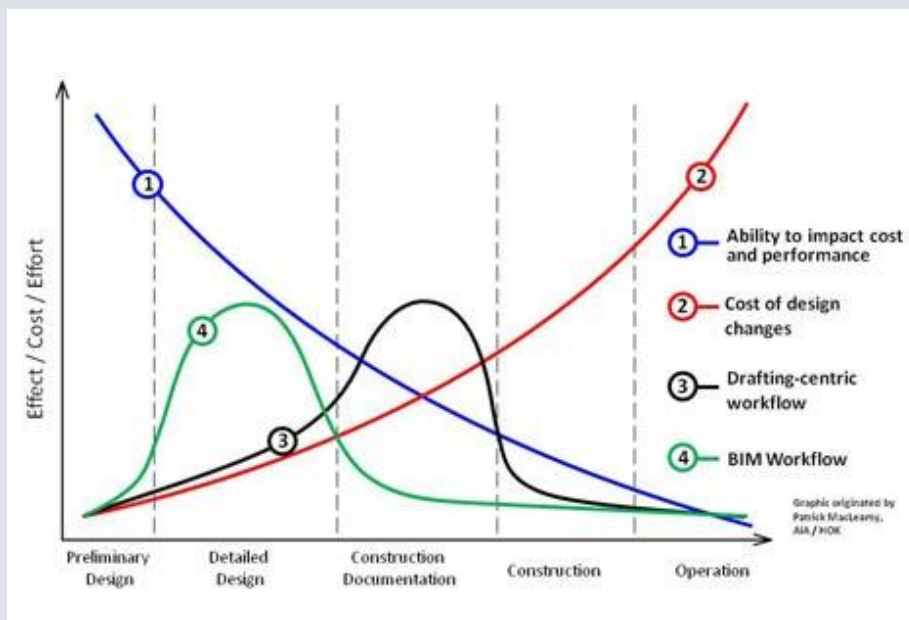


Figura 7 Curva de MacLeamy

Observe a Figura 8 em que é possível entender que BIM centra-se em resolver o projeto na fase preliminar e no detalhamento do projeto, reduzindo os custos nas demais fases. É importante a antecipação da informação, pois ela dá a garantia de agilizar o processo de decisão de um empreendimento.

A INFORMAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Informação pode ser entendida como uma série estruturada de ações em tarefas, atividades ou procedimentos relacionadas a captação, disseminação, troca e uso de dados que agregam valor a uma tomada de decisão.

As atividades, no contexto de um canteiro de obra, geram diferentes tipos de informação, que devem ser selecionados para possibilitar a tomada de

decisões técnicas, financeiras e humanas, entre outras, que interagem com a mão de obra, materiais e equipamentos.

É a informação que faz com que a obra inicie e que um fluxo de trabalho caminhe (Figura 09). É por meio dela que são levantados os problemas e repassadas as soluções, que, por sua vez, são armazenadas como histórico da obra.

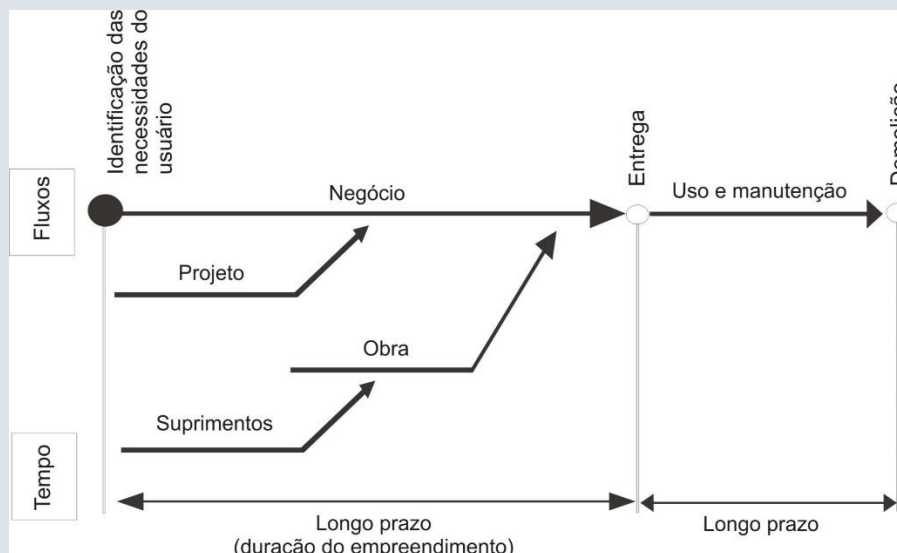


Figura 8 Fluxo da Informação na Construção. Picchi em 2001.

As informações fluem em um empreendimento da construção civil por intermédio de desenho em prancha, memoriais descritivos, e-mails, telefonemas, mensagens por *smartphones*, *dashboards*, via *Enterprise Resources Planning* (ERPs), notas fiscais, fichas de verificação de serviços, medições, fotografias, discussões diretas etc.

Utilizando as três áreas da construtora (projeto, planejamento e controle), as trocas de informações devem ser rápidas e precisas, por exemplo:

A equipe de planejamento:

- Traz do projeto informações a respeito de uma atividade específica que deve começar no canteiro de obras;
- Revisa o projeto e define as restrições para que essa atividade inicie na data prevista no canteiro de obras;
- Traz informações táticas da empresa (fluxo de caixa, estoque, medições do cliente etc.) e do canteiro de obras, processa e define

- o planejamento operacional (aquilo que será efetivamente realizado no canteiro na próxima semana);
- Gera documentos com essas informações e as envia para o canteiro de obras, por papel ou e-mail.

A equipe de controle:

- Recebe esses dados e os repassa para as equipes de operários;
- Os operários, ao receberem essas informações, eventualmente, solicitam mais subsídios para a realização das atividades (como informações técnicas de como realizar os trabalhos, questões de segurança e qualidade);
- Quaisquer problemas que as equipes operárias venham a perceber, os mesmos serão repassados por meio de informações (normalmente oral ou até mesmo por escrito, em diário de obras) para a equipe de controle de obras, que tomará as decisões cabíveis e passará as soluções para as equipes operárias;
- Registra as informações do andamento das atividades e as repassa para a equipe de planejamento.

Nesse exemplo, fecha-se um ciclo de planejamento, desde a preparação das atividades que devem ser realizadas no canteiro de obras, até a retroalimentação futura. Nota-se que a realização das atividades acontece por meio de uma sequência de informações que são repassadas entre as áreas envolvidas. Sendo que cada uma delas analisou as informações recebidas, processando as tomadas de decisão e repassando novos conhecimentos.

Assim, o papel da informação na construção civil é importância para o correto andamento das atividades. Ela é o fluido que azeita as engrenagens de uma construtora.

É preciso entender a execução de um empreendimento sob o ponto de vista da informação que flui horizontalmente, desde a viabilidade desse até a entrega das chaves; e, verticalmente, da equipe de projetos, passando pela equipe de planejamento até a de controle.

A Modelagem da Informação da Construção tem como premissa alinhar esse fluxo de informação entre as diversas fases da construção, contendo informações de todas as etapas previstas.

O QUANTO SE GANHA?

Questões como essa são complicadas de serem respondidas. Trabalhando com a informação, entra-se em um ambiente subjetivo e de difícil mensuração em curto prazo, como medir a evolução na qualidade das decisões das equipes ou o melhoramento no ritmo de produção?

Outra questão é a qualidade da informação que flui atualmente dentro da construtora, pois se esta não tiver nenhum controle sobre a informação os ganhos com BIM são maiores que em empresas que já possuem esta técnica.

Em processos BIM é possível perceber a redução do stress causado pela insegurança em trabalhar com informações incertas, incompletas e/ou recebidas de última hora, como por exemplo, receber a notícia de que não há material para uma equipe de produção continuar suas atividades e não se sabe ainda quais e quantos materiais são necessários adquirir.

Por outro lado, por experiências em projetos BIM, é fácil identificar os ganhos da tecnologia mesmo ainda no início do projeto e, ainda que usando modelos BIM 3D, apenas para extração de quantitativos e compatibilização de projetos. Isso motiva aqueles envolvidos iniciantes a continuar a busca por novos ganhos.

FLUXO DE INFORMAÇÕES NA CONSTRUTORA

Sendo o modelo BIM visto como um banco de dados para extração de conteúdo é importante entender quais os fluxos de informação a serem aprimorados dentro da construtora, para que haja melhora nas tomadas de decisão.

Para tal, existem os Diagramas de Fluxos de Dados (DFD) como uma maneira de mapear os fluxos de informação que fluem em uma empresa, nesse caso, construtoras. É uma maneira fácil para identificar quais precisam ser melhorados.

Para montá-los, são utilizados apenas quatro elementos:



Figura 9 de KENDALL&KENDALL de 1991

O retângulo representa entidades externas (profissionais, departamentos, fornecedores) que recebem e enviam dados ao sistema. A flecha representa o fluxo de dados de um ponto a outro, sendo que todas devem possuir uma descrição dos tipos de dados trocados. O retângulo com bordas arredondadas identifica um processamento dos dados, ou seja, eles entram de uma forma, e o retângulo aberto define os locais de armazenamento de dados.

Na figura 10 um DFD exemplo de empresas de construção civil de pequeno e médio porte, e na figura 11 a descrição de cada um dos fluxos.

A análise desse diagrama deve ser preparada sob uma visão estratégica de melhorias identificadas como necessárias para a empresa. Feito isso, é possível verificar com clareza quais os fluxos de informação devem ser melhorados e então preparar um modelo BIM que permita a extração desses dados.

Esse levantamento pode ser realizado por um profissional da empresa e necessita de poucas horas para ser feito.

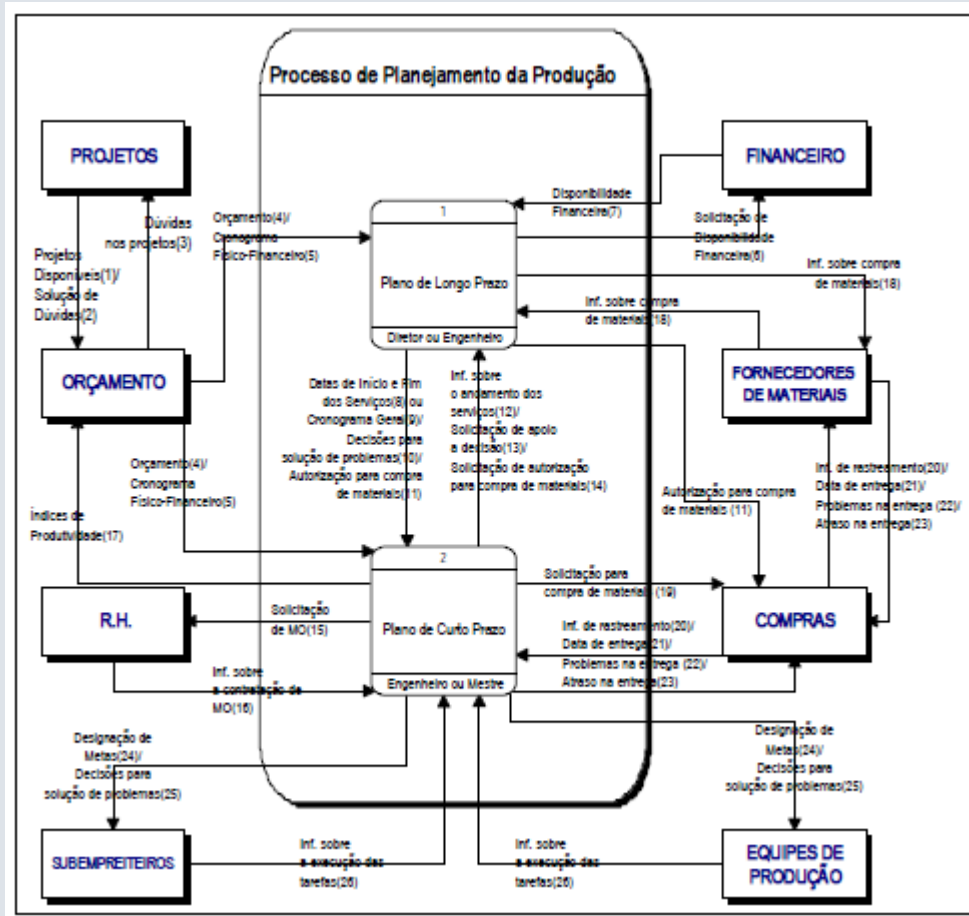


Figura 10 de BERNARDES em 2001

Nº	INFORMAÇÃO	DESCRIÇÃO
1	Projetos disponíveis	Projetos que estão disponíveis para a elaboração do orçamento da obra.
2	Solução de dúvidas	Solução das dúvidas sobre os projetos disponíveis.
3	Dúvidas nos projetos	Dúvida a ser esclarecida para a elaboração do orçamento. Insere-se nessa informação, dúvidas para compatibilização de projetos ou sobre detalhes técnicos para construção.
4	Orçamento	Orçamento da obra.
5	Cronograma físico-financeiro	Cronograma físico-financeiro gerado por sistema computacional, preparado em planilha eletrônica ou manuscrito.
6	Solicitação de disponibilidade financeira	Solicitação de disponibilidade financeira da empresa para determinado período da construção.
7	Disponibilidade financeira	Disponibilidade financeira da empresa para determinado período da construção.
8	Data de início e fim dos serviços	Datas de início e fim dos serviços que constam no plano de longo prazo.
9	Cronograma geral	Cronograma geral da obra.
10	Decisões para solução de problemas	Decisões para solução de problemas gerenciais e/ou técnicos da obra.
11	Autorização para compra de materiais	Autorização para a compra de materiais.
12	Inf. sobre o andamento dos serviços	Informações sobre o andamento físico dos serviços que estão sendo executados na obra.
13	Solicitação de apoio à decisão	Solicitação de apoio à decisão para solução de problemas gerenciais e/ou técnicos da obra.
14	Solicitação de autorização para a compra de materiais	Solicitação de autorização para a compra de materiais.
15	Solicitação de MO	Solicitação de contratação de mão-de-obra.
16	Inf. sobre a contratação de MO	Informação sobre o processo de contratação de mão-de-obra.
17	Índices de produtividade	Índices de produtividade de equipes de produção ou serviços.
18	Inf. sobre compra de materiais	Informação sobre o processo de compra de materiais. Insere-se nessa informação, detalhamento das condições do negócio, por exemplo.
19	Solicitação para compra de materiais	Solicitação para compra de materiais.
20	Inf. de rastreamento	Informações de rastreamento de um determinado material comprado ou negociado pela empresa.
21	Data de entrega	Data de entrega do material comprado.
22	Problemas na entrega	Problemas na entrega do material. Pode ser, por exemplo, a entrega de um material cujas características não atendem o solicitado.
23	Atraso na entrega	Informações sobre atraso na entrega de determinado material.
24	Designação de metas	Designação de metas do plano de curto prazo para equipes de produção ou subempreiteiros.
25	Decisões para solução de problemas	Decisões para a solução de problemas gerenciais e/ou técnicos da obra.
26	Inf. sobre a execução das tarefas	Informações sobre a execução das tarefas. Pode ser, por exemplo, dúvidas sobre a técnica construtiva, dificuldades encontradas para se realizar o trabalho, problemas no projeto, dentre outras.

Figura 11 de BERNARDES em 2001

EXEMPLO DE GANHOS ATUALMENTE COM BIM

Informações de Compatibilidades Espaciais

Durante a fase de desenvolvimento do projeto do produto, a cada nova versão de soluções enviadas pelos projetistas, cabe ao profissional responsável pela compatibilização realizar uma análise de compatibilização dos projetos.

Em CAD, essa compatibilização é feita de várias maneiras. Uma delas é sobrepondo os desenhos CAD das especialidades dentro de softwares CAD e identificando visualmente possíveis incompatibilidades.

Usando um modelo BIM, essa identificação é bastante facilitada, uma vez que as incompatibilidades ficam bastante evidentes “aos olhos” do usuário do modelo. Além disso, os *software* específicos para compatibilização oferecem comandos destinados à detecção automática das interferências.

Com o aumento da precisão das incompatibilidades dos projetos, essa informação ajudará os projetistas a tomar melhores decisões para o projeto.

Extração de Quantitativos

Durante o processo de orçamentação de obras, os profissionais orçamentistas necessitam das informações de quais são os materiais empregados e seus respectivos quantitativos, para então, juntamente com outras informações, preparar o orçamento.

Quando os projetos são feitos na tecnologia CAD, faz-se necessário o levantamento manual de todos os elementos, uma vez que, nessa tecnologia, as soluções são representadas por meio de elementos geométricos (linhas, círculos, curvas etc.). Isso exige bastante concentração do profissional, além de tempo para realizar essa atividade.

Se o processo utilizado for BIM, o modelo contendo os elementos do projeto fornecerá um levantamento preciso de todos eles, uma vez que esses são representados por meio de componentes BIM.

Nesse caso, consegue-se informações mais precisas dos materiais e de seus respectivos quantitativos que, além de poupar tempo de recursos, traduzirá em um orçamento mais preciso, fazendo com que as construtoras diminuam seus riscos ao oferecerem propostas financeiras.

Qualidade das Informações Contidas nos Desenhos Enviados à Obra

Passada a fase de projetos, os desenhos com as soluções técnicas precisam ser enviados às obras, para que seja possível sua execução no canteiro.

Na tecnologia CAD, durante o desenvolvimento dos projetos, os desenhos são alterados com frequência para atender às necessidades do projeto e para sua compatibilização. Essa tecnologia permite fazer quaisquer representações, o conhecido “o papel aceita tudo”. Essas questões, frequentemente, resultam em desenhos incompatíveis e em alguns casos inexecutáveis no canteiro de obras.

Outro fator é o elevado gasto para a geração desses desenhos e das modificações dos mesmos, pois o profissional precisa, além de desenhar as soluções em planta, desenvolver detalhes mais precisos. Quaisquer alterações que esses projetos sofram, faz-se necessário revisar não apenas as pranchas, mas todos os detalhes nas quais as soluções alteradas estejam representadas.

Sendo o processo de projeto desenvolvido utilizando modelos BIM programados para extrair os desenhos, as alterações realizadas durante a execução do projeto são feitas com maior facilidade e assertividade, e ainda oferece infinitas possibilidades de representar um detalhe específico, sem que seja necessário redesenhá-lo.

Assim, as informações das soluções a serem enviadas para o canteiro de obras são melhores e mais assertivas e, além da redução de prazo para sua geração, caso durante a execução da obra ainda haja dificuldades para entender a solução, é possível abrir o modelo e extrair mais subsídios. Isso gera ganhos durante a execução das obras e evita o desperdício de recursos no caso de retrabalhos.

Estudos para Movimentação de Terras e Terraplanagem

Grande parte das obras de construção civil exigem movimentações de terra e terraplanagem durante sua execução. Para a definição do posicionamento das edificações a serem construídas, a equipe de projetos necessita de informações do estado do terreno antes da intervenção, bem como de uma posição prévia e cotas de onde se pretende localizar as obras.

Atualmente, essas informações são enviadas aos responsáveis pela movimentação de terra e terraplanagem, por meio de desenhos bidimensionais (em alguns casos tridimensionais) do estado atual do terreno e um projeto bidimensional com a posição das edificações. Com esse conhecimento, os responsáveis utilizam métodos de cálculo aproximados para quantificar o volume a ser movimentado. Esse processo é moroso e, por isso, são geradas duas ou três soluções de cotas e movimento de terras para balizar a equipe.

Após programarmos um modelo BIM para retirar informações de volumes de movimentação de terra, é possível realizar inúmeras simulações da posição das edificações e, para cada uma delas, extrair os quantitativos precisos de movimentação de terra. Além disso, para cada solução simulada, é facilitada a visão do impacto dessas em outras disciplinas, como por exemplo, necessidades de taludes, muros de arrimo e de contenção.

Assim, simuladas várias soluções para a posição das edificações no terreno, e extraindo informações precisas de cada uma delas, consegue-se mais precisão na decisão final.

Atividades de Produção Não Identificadas no Projeto

Durante o desenvolvimento do projeto do processo é necessário conhecer todas as etapas a serem realizadas nas obras. As atividades que estão representadas nos desenhos, normalmente, são levadas em consideração com facilidade. No entanto, existem operações que auxiliam na execução apenas, não sendo representadas nos desenhos, como por exemplo, escoramento de formas, balancins, elevadores, entre outros.

A equipe que desenvolve esses projetos precisa usar de suas experiências passadas para tentar identificar esses serviços. De maneira geral, esse trabalho é feito com bastante concentração e exige profissionais com bastante experiência para levantar todas essas atividades.

Programando um modelo BIM 4D é possível visualizar, por meio de uma animação, as soluções sendo executadas na obra, e então facilmente podem ser identificadas essas atividades, exigindo menos imaginação por parte dos profissionais e evitando o esquecimento de algumas delas.

Com informações mais precisas, pode-se realizar um projeto do processo (planilhas orçamentárias, cronogramas, requisitos de segurança etc.) com mais precisão, levando a uma maior assertividade do projeto e reduzindo

impactos durante a execução das obras ao se depararem com atividades não previstas.

Essas são apenas algumas informações que podem ser melhoradas durante a fase de projeto, o que leva a ganhos diretos na execução das obras. Como essas, centenas de outras informações podem ser retiradas do modelo para melhorar as tomadas de decisão.

Bibliografia

BERNARDES, M. M. S. Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle na Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2001. Tese Doutorado.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LISTON, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2nd ed. John Wiley & Sons. New Jersey, 2011.

FORMOSO, C. T. (Org.). Planejamento e controle da produção em empresas de construção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, 2001. FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L; OLIVEIRA, K. Termo de Referência para o Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), 1999.

FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L; OLIVEIRA, K. Termo de Referência para o Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), 1999.

GARRIDO, C, M. Aplicação do controle de ritmo de produção e indicadores na gestão da produção em uma obra de edificação. Curitiba, 2012. Trabalho de Conclusão de curso. Departamento Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.

GREEF, A. C.; FREITAS, M. D. C. D.; ROMANEL, F. B. *Lean Office*. [S.l.]: Atlas, 2012.

JACOSKI, C. A. A Integração da Comunicação em Projetos de Construção Utilizando Tecnologias da Informação. In: CONFERÊNCIA CONSTRUÇÃO, 2004, Portuga. FEUP- PORTO/PORTUGAL, 2004.

KOSKELA, L.; SACKS, R.; DAVE, B. A.; OWEN, R. *The interaction of lean and building information modeling in construction*. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, p. 1307-1315. nov. 2009

MENDES JR, R. Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. 196f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

NASCIMENTO, L. A., LAURINDO, F. J. B, SANTOS, E. T. A eficácia da TI na construção civil. São Carlos, 2003. III Sibragec 2003.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R.; *Requirements of building information modeling based lean Production management systems for construction*. *Automation in Construction*, v. 19, n. 5, p. 641-655, 2010. Elsevier B.V.

Próximos Passos

Este livro é a primeira iniciativa nacional específica para instrução dos profissionais que atuam em construtoras a trabalharem com o BIM.

Como dito, focamos nesta publicação em como melhorar a execução das obras através de uma melhor preparação dos projetos a serem executados.

Devemos ainda focar em novas edições revisadas desta publicação, baseadas nos comentários, críticas e sugestões que esperamos receber deste trabalho.

Em uma sequência deste livro, pretendemos propor como utilizar o BIM para tomadas de decisão durante a execução das obras, ou seja, como “inputar” dados relativos à execução das obras nos modelos, quais informações devem e podem ser modeladas e o impacto dessas tomadas de decisão durante a execução das obras.

Agradecimentos

Esta publicação é resultado de estudos e aplicação da tecnologia na prática, realizados por profissionais audaciosos e incansáveis. Cito alguns deles.

O Senhor Vitorio Campestrini que me apoia e orienta desde a fundação da Campestrini Gestão de Projetos em 2006 até os dias de hoje, em todas as minhas tomadas de decisão profissionais e pessoais.

Os professores Dr. Sérgio Scheer e Dr. Ricardo Mendes Jr. Pela paciência que dispuseram a este aluno, pela incubação da Campestrini Tecnologia dentro das dependências do Centro de Estudos de Engenharia Civil (CESEC) da Universidade Federal do Paraná.

Os Engenheiro Civil Euclésio Finatti e Engenheiro Civil Sérgio Crema, do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Paraná (SINDUSCON-PR) pelo apoio e incentivos desde os primeiros projetos em BIM.

A equipe da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), especialmente aos integrantes da Comissão de Materiais, Tecnologia, Qualidade e Produtividade (COMAT) pelas discussões nacionais acerca do tema e em criar esta publicação.

E aos parceiros de pesquisa com quem trabalhei desde 2012, em especial ao Engenheiro Civil Marlon Garrido pela sua dedicação às pesquisas e pelas discussões técnicas e científicas que pude ter.